



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## NÁVRH OKRUŽNÍ PILY

DESIGN OF CIRCULAR SAW

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ TAUFER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL ČERNÝ, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Tomáš Taufer

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Návrh okružní pily**

v anglickém jazyce:

### **Design of circular saw**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh a výpočet domácí okružní pily s těmito parametry: motor o výkonu cca 3-4 kW, průměr kotouče do 500 mm.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci):

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
4. Vymezení cílů práce
5. Návrh metodického přístupu k řešení
6. Návrh variant řešení a výběr optimální varianty
7. Konstrukční řešení
8. Závěr (Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)

Forma práce: Průvodní zpráva, Technická dokumentace

Typ BP: konstrukční

Účel zadání: vzdělávací činnost ÚK

Seznam odborné literatury:

Shigley, J. E. a kol.: Konstruování strojních součástí. Vutium Brno, 2010, pp.1186,ISBN 978-80-214-2629-0

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Černý, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 1.11.2011

L.S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukčním řešením okružní pily (cirkulárky) pro domácí použití. Okružní pila bude řešena se stolem pro podélné řezání. Stůl bude odklápěcí, čímž bude umožňovat řezání klád. Přenos kroutícího momentu bude realizován pomocí klínového řemene pro prokluz při záseku pily. Rám pily bude svařovaný s patkami pro stabilitu a kolečkama pro snadnější přesun.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Okružní pila, řezání, dřevo, řemenový převod, konstrukce.

## ANNOTATION

This bachelor work is dealing with design and constructive solution of circular saw for home use. Circular saw will be construct with bench for straight cutting. Bench will be hinged for cutting stocks. The gyroscopic moment will be transfered via band for belt creeping in case when saw get stuck. Sash will be weldment. It will has feet for stability and wheels for easier transport.

## KEY WORDS

Circular saw, cutting, wood, belt gear, construction.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE PRÁCE**

TAUFER, T. *Návrh okružní pily*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 31 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Černý, CSc..

### **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce.

v Brně .....

.....

podpis autora

### **Poděkování**

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Michalovi Černému, CSc. za jeho trpělivost a skutečnou, nikoli hranou, ochotu mi poradit.

## OBSAH

<b><u>1. SOUČASNÉ TYPY PIL</u></b>	9
1.1. GUDE DTW 700	9
1.2. BINDERBERGER TWS 600	9
<b><u>2. VARIANTY ŘEŠENÍ</u></b>	10
2.1. Varianta I	10
2.2. Varianta II	10
2.3. Varianta III	10
<b><u>3. VÝPOČTY</u></b>	11
3.1. Kroutící moment motoru	11
3.2. Délka hnacího pera	11
3.3. Návrh řemenice	12
3.3.1. Převodový poměr	12
3.3.2. Stanovení velikosti průřezu klínového řemene	12
3.3.3. Stanovení minimálního výpočtového průměru řemenic	12
3.3.4. Návrh výpočtových průměrů řemenic	13
3.3.5. Návrh osové vzdálenosti	14
3.3.6. Určení délky řemene	15
3.3.7. Skutečná osová vzdálenost	16
3.3.8. Stanovení potřebného počtu řemenů	16
3.3.9. Předpětí řemene	17
3.4. Návrh hřídele	19
3.4.1. Zatížení hřídele	19
3.4.2. Kontrola hřídele na únavu	21
3.5. Délka hnaného pera	22
3.6. Návrh ložisek	22
3.7. Návrh tažné pružiny	24
<b><u>4. ZÁVĚR</u></b>	27
<b><u>5. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ</u></b>	28
<b><u>6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY, ZDROJE</u></b>	31



# 1. SOUČASNÉ TYPY PIL

## 1.1. GUDE DTW 700

Pohon:	elektromotor
Napětí:	400 V
Výkon motoru:	5.2 kW
Otáčky:	1380 min <sup>-1</sup>
Průměr kotouče:	700 mm
Max. prořez:	250 mm
Rozměry stolu:	250 x 850 mm
Hmotnost:	125 kg



Zdroj: <http://www.akunaradi.cz/>

## 1.2. BINDERBERGER TWS 600

Pohon:	elektromotor
Napětí:	400 V
Výkon motoru:	4.2 kW
Průměr kotouče:	600 mm
Max. prořez:	200 mm
Rozměry d x š x v:	1 200 x 750 x 1 180 mm
Hmotnost:	135 kg



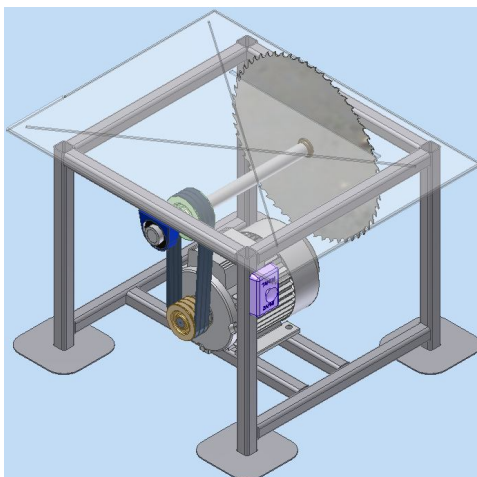
Zdroj: <http://www.akunaradi.cz/>

Další výrobci pil např.:

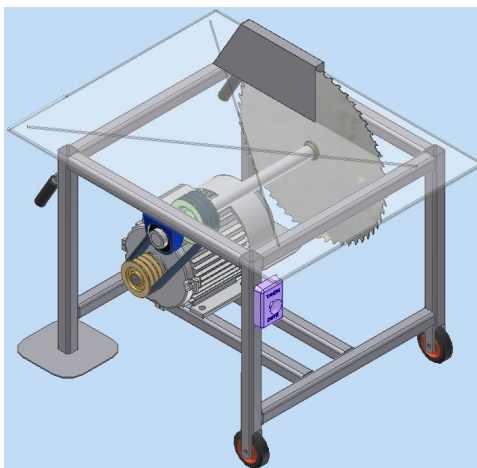
- BGU MACHINEN
- WIDL

## **2. VARIANTY ŘEŠENÍ**

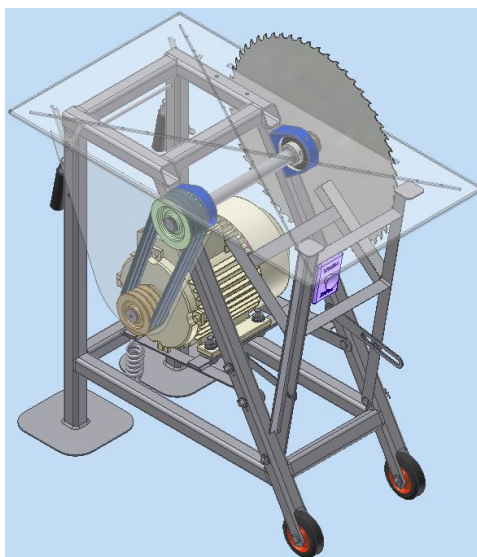
### **2.1. Varianta I**



### **2.2. Varianta II**



### **2.3. Varianta III**



#### **Volená varianta:**

Zvolena varianta III. Stůl je z jednoho kusu, jehož odklopení umožňuje snadnější přístup ke konstrukci a dále pak řezání kulatin pomocí přidavného mechanismu. Napínání řemene je provedeno vahou motoru s přidavnou pružinou.

### 3. VÝPOČTY

#### 3.1. Kroutící moment motoru

Motor zvolen SIEMENS 1LA7. → [7]

Parametry motoru:  $P = 4kW$ ;  $n = 2905 \text{ min}^{-1}$ ;  $d = 28 \text{ mm}$

$$M_{k,mot} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{4000 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot 48,41 \text{ s}^{-1}} = \underline{\underline{13,14 \text{ Nm}}}$$

#### 3.2. Délka hnacího pera

Výška pera v náboji:  $t_1 = 2,9 \text{ mm}$  → [1 str. 467]

Dovolené napětí při otlacení:  $p_D = 56 \text{ MPa}$  → (Tab. 1)

Materiál nábojů, čepů, kolíků a hřídelů	Nepohyblivá uložení			Točná (kloubová) uložení		
	$p_D$ (MPa)			$p_D$ (MPa)		
	klidné	míjivé	střídavé	klidné	míjivé	střídavé
Ocel tř. 37, 42, 50, automatové oceli	90	63	45	30	24	12
Ocel tř. 60, 70, ušlechtilé a legované oceli	125	90	56	30	24	12
Ocel na odlitky	80	56	40	18	14	7
Šedá litina	70	50	32	12	10	5
Materiál kolíků, čepů a hřídelů	$\sigma_{D0}$ (MPa)			$\tau_{D0}$ (MPa)		
	klidné	míjivé	střídavé	klidné	míjivé	střídavé
	klidné	míjivé	střídavé	klidné	míjivé	střídavé
Ocel tř. 37, 42, automatové oceli, 4D	80	55	35	50	35	25
11 500, 6G	110	80	50	70	50	35
11 600, 12 040, 12 050, 8G	140	100	63	90	63	45
11 700	160	110	70	100	70	50

Tab.1: Dovolená napětí typů uložení → [3]

Silové působení na bok pera v náboji:

$$F = \frac{M_{k,mot}}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{13\,140 \text{ Nmm}}{\frac{28 \text{ mm}}{2} + \frac{2,9 \text{ mm}}{2}} = \underline{\underline{850,4 \text{ N}}}$$

Minimální délka těla pera:

$$l' = \frac{F}{p_D \cdot t_1} = \frac{850,4 \text{ N}}{56 \text{ MPa} \cdot 2,9 \text{ mm}} = \underline{\underline{5,2 \text{ mm}}}$$

Šířka pera:  $B = 8 \text{ mm} \rightarrow$  [1 str. 467]

Minimální délka pera:

$$l = l' + B = 5,2 \text{ mm} + 8 \text{ mm} = \underline{\underline{13,2 \text{ mm}}}$$

Minimální normalizovaná délka pera podle ČSN 02 2562:  $l = 14 \text{ mm} \rightarrow$  [1 str. 467]

Délka později upravena dle šířky řemenice na  $l = 36 \text{ mm}$ .

### 3.3. Návrh řemenice

#### 3.3.1. Převodový poměr

Max. otáčky motoru:  $n_1 = 2905 \text{ min}^{-1} \rightarrow$  [7]

Max. otáčky pilového kotouče:  $n_2 = 2300 \text{ min}^{-1} \rightarrow$  [8]

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2905 \text{ min}^{-1}}{2300 \text{ min}^{-1}} = \underline{\underline{1,263[-]}}$$

#### 3.3.2. Stanovení velikosti průřezu klínového řemene

Typ A  $\rightarrow$  [1 str. 537]

Podle přenášeného výkonu a otáček malé řemenice volíme z diagramu průřez řemene.

#### 3.3.3. Stanovení minimálního výpočtového průměru řemenic

$$\Phi D_{\min} = \underline{\underline{90 \text{ mm}}} \rightarrow (\text{Tab. 2})$$

Průřez řemene	$D_{\min}$ [mm]
Z	63
A	90
B	125
C	200
D	355
E	500

Tab. 2: Minimální výpočtové průměry řemenic pro jednotlivé velikosti klasického průřezu klínového řemene  $\rightarrow$  [4]

### 3.3.4. Návrh výpočtových průměrů řemenic

$$\Phi D_{\min} \leq \Phi D_1 \leq \Phi D_{1,\max}$$

Maximální rychlosti pro řemeny: → [4]

$$\text{Zvoleno} \rightarrow v_{\max} = 25 \text{ m/s} \quad \text{Industrial}$$

$$v_{\max} = 30 \text{ m/s} \quad \text{Rekord}$$

$$\Phi D_{1,\max} = \frac{60\,000 \cdot v_{\max}}{\pi \cdot n_1} = \frac{60\,000 \cdot 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{\pi \cdot 2905 \text{ min}^{-1}} = \underline{\underline{164,3 \text{ mm}}}$$

$$90 \text{ mm} \leq \Phi D_1 \leq 164,3 \text{ mm} \quad \text{Zvoleno: } \Phi D_1 = \underline{\underline{90 \text{ mm}}} \rightarrow (\text{Tab. 3})$$

$$\Phi D_2 = D_1 \cdot i = 90 \text{ mm} \cdot 1,263 = \underline{\underline{113,67 \text{ mm}}}$$

$$\text{Zvoleno: } \Phi D_2 = \underline{\underline{112 \text{ mm}}} \rightarrow (\text{Tab. 3})$$

Průřez řemene	Normalizovaný výpočtový průměr řemenice D [mm]
Z	(50), (53), (56), 60, 63, 67, 71, 75, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 150, 160, 180, 200, 224, 250
A	(75), (80), (85), 90, 95, 100, 106, 112, 118, 125, 132, 140, 150, 160, (170), 180, (190), 200, 224, 250, 280, 300, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, (800)
B	125, 132, 140, 150, 160, 170, 180, (190), 200, 224, 250, 280, 300, 315, 355, 375, 400, 450, 500, (530), 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1000, (1120)
C	200, 212, 224, 236, 250, 265, 280, 300, 315, (335), 355, 375, 400, 450, 500, (530), 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600
D	355, 375, 400, 425, 450, 475, 500, (530), 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1000, 1060, 1120, 1250, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000
E	500, 530, 560, 600, 630, 670, 710, (750), 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1500, 1600, 1800, 1900, 2000, 2240, 2500

Tab. 3: Normalizované velikosti výpočtových průměrů řemenic D pro jednotlivé normalizované velikosti klasického průřezu klínového řemene → [4]

$$i_i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{112 \text{ mm}}{90 \text{ mm}} = \underline{\underline{1,244[-]}}$$

Zahrnutí provozního skluzu řemene do převodového poměru: → [4]

$$\text{Zvoleno} \rightarrow s = 0,02[-] \quad \text{Industrial}$$

$$s = 0,01[-] \quad \text{Rekord}$$

$$i_{sk} = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1-s)} = \frac{112 \text{ mm}}{90 \text{ mm} \cdot (1-0,02)} = \underline{\underline{1,2698[-]}}$$

Musí platit:

Odchylka zvolena:  $\Delta i = 5\%$

$$i_i - \frac{\Delta i}{100} \cdot i_i \leq i_{SK} \leq i_i + \frac{\Delta i}{100} \cdot i_i$$

$$1,244 - \frac{5\%}{100} \cdot 1,244 \leq 1,2698 \leq 1,244 + \frac{5\%}{100} \cdot 1,244$$

$$1,1818 \leq 1,2698 \leq 1,306 \quad \Rightarrow \quad \textbf{PLATÍ}$$

Obvodová rychlost:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60 \ 000} = \frac{\pi \cdot 90 \text{ mm} \cdot 2905 \text{ min}^{-1}}{60 \ 000} = \underline{\underline{13,69 \text{ m/s}}}$$

### 3.3.5. Návrh osové vzdálenosti

Na základě dosazení nejmenší možné velikosti úhlu opásání  $\alpha = 90^\circ$

do vzorce  $\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot A}$  dostaneme rovnici pro  $A_{\min, \text{TEORETICKOU}}$ :

$$A_{\min, \text{TEO}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (D_2 - D_1) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (112 \text{ mm} - 90 \text{ mm}) = \underline{\underline{15,55 \text{ mm}}}$$

$$A_{\max, \text{TEO}} = 2 \cdot (D_2 + D_1) = 2 \cdot (112 \text{ mm} + 90 \text{ mm}) = \underline{\underline{404 \text{ mm}}}$$

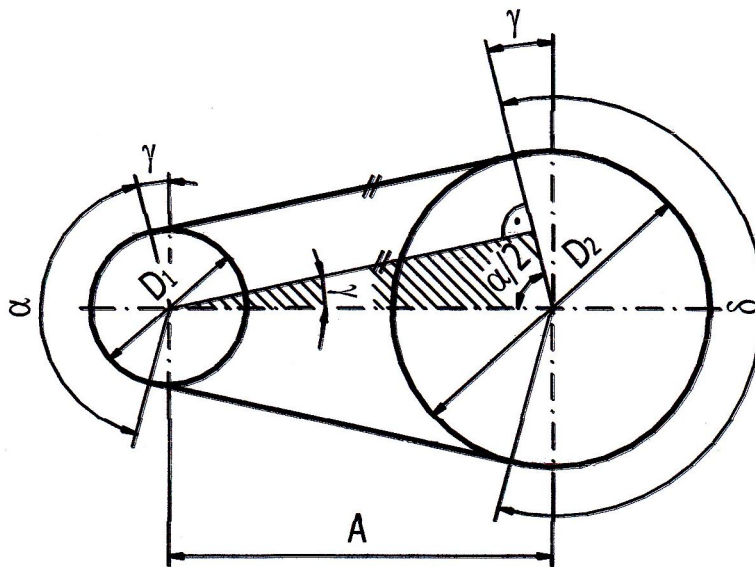
$$A_{\min, \text{TEO}} \leq A \leq A_{\max, \text{TEO}}$$

$$\begin{aligned} A_{\min, \text{SK}} &= \frac{D_1}{2} + \frac{D_2}{2} + 0,2 \cdot (D_1 + D_2) = \\ &= \frac{90 \text{ mm}}{2} + \frac{112 \text{ mm}}{2} + 0,2 \cdot (90 \text{ mm} + 112 \text{ mm}) = \underline{\underline{141,4 \text{ mm}}} \end{aligned}$$

Zvoleno:  $A = \underline{\underline{300 \text{ mm}}}$



### 3.3.6. Určení délky řemene



Obr. 1: Výpočet délky řemene v rovině neutrálních vláken. → [4]

$$\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot A} = \frac{112 \text{ mm} - 90 \text{ mm}}{2 \cdot 300 \text{ mm}} = 0,0366[-] \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 87,89^\circ; \alpha = 175,79^\circ$$

$$\delta = 360 - \alpha = 360^\circ - 175,79^\circ = 184,2^\circ$$

Předběžná délka:

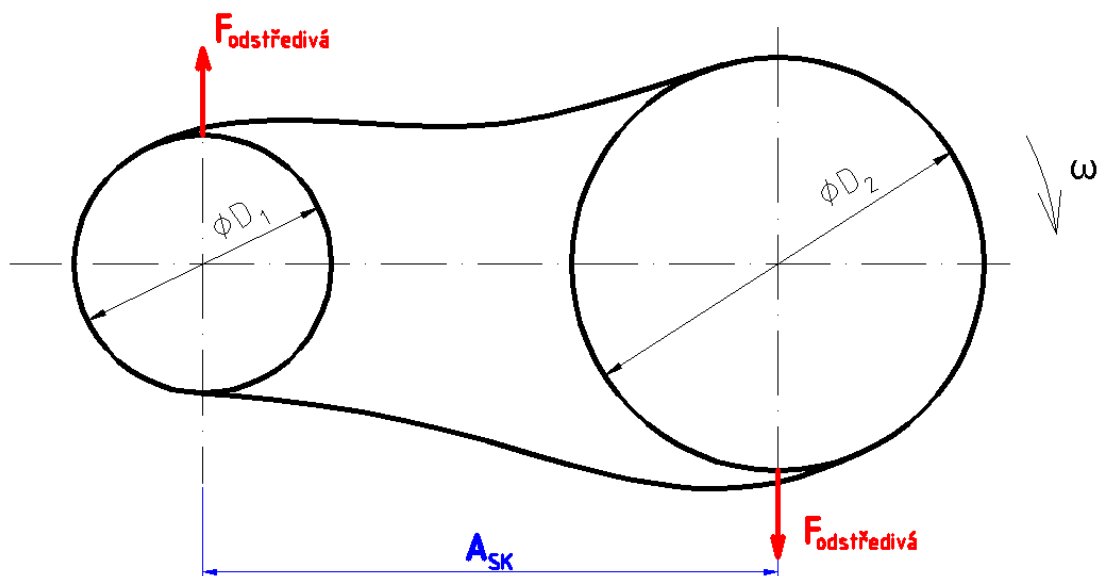
$$\begin{aligned} L_p' &= 2 \cdot A \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \pi \cdot D_1 \cdot \frac{\alpha}{360} + \pi \cdot D_2 \cdot \frac{\delta}{360} = \\ &= 2 \cdot 300 \text{ mm} \cdot \sin(87,89^\circ) + \pi \cdot 90 \text{ mm} \cdot \frac{175,79^\circ}{360^\circ} + \pi \cdot 112 \text{ mm} \cdot \frac{184,2^\circ}{360^\circ} = 917 \text{ mm} \end{aligned}$$

Zvoleno:  $L_p = 900 \text{ mm}$  → (Tab. 4)

Průřez řemene	Výpočtové délky $L_p$ [mm] klínového řemene
Z	400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500
A	560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000
B	800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300
C	1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7100, 8000, 9000, 10000
D	3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7100, 8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000
E	4500, 5000, 5600, 6300, 7100, 8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000, 16000, 18000

Tab. 4: Normalizované výpočtové délky  $L_p$  pro jednotlivé normalizované velikosti klasického průřezu klínového řemene → [4]

### 3.3.7. Skutečná osová vzdálenost



Obr. 2: Skutečná osová vzdálenost  $A_{SK}$

$$A_{SK} = \frac{1,04 \cdot L_p - \pi \cdot D_1 \cdot \frac{\alpha}{360} - \pi \cdot D_2 \cdot \frac{\delta}{360}}{2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} =$$

$$= \frac{1,04 \cdot 900 \text{ mm} - \pi \cdot 90 \text{ mm} \cdot \frac{175,79^\circ}{360^\circ} - \pi \cdot 112 \text{ mm} \cdot \frac{184,2^\circ}{360^\circ}}{2 \cdot \sin(87,89^\circ)} = \underline{\underline{309,15 \text{ mm}}}$$

### 3.3.8. Stanovení potřebného počtu řemenů

$$K = \frac{P}{N_p \cdot C_K} = \frac{4 \text{ kW}}{1,1268 \text{ kW} \cdot 1} = \underline{\underline{3,5[-]}} \quad \text{Zvoleno: } \mathbf{3 \text{ řemeny}}$$

$$N_p = N_0 \cdot \frac{C_\alpha \cdot C_L}{C_P} = 1,7 \text{ kW} \cdot \frac{0,982 \cdot 0,81}{1,2} = \underline{\underline{1,1268 \text{ kW}}}$$

$C_K - \rightarrow$  (Tab. 5)

$N_0 -$   
 $C_\alpha -$   
 $C_L -$   
 $C_P -$

$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \rightarrow \text{[1 str. 538 ÷ 542]}$

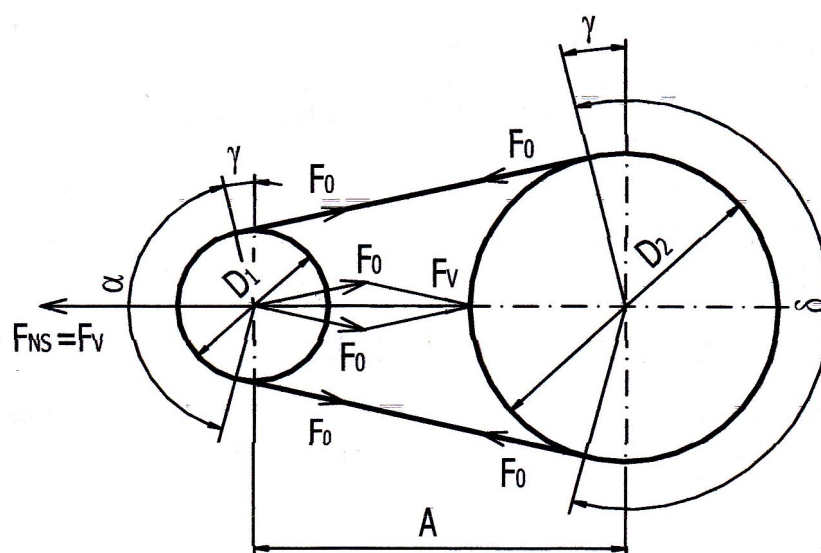


Zvoleno: **ŘEMEN A-900 ČSN 02 3110**  
**ŘEMENICE SPZ 90/3-28H7 → [11]**  
**ŘEMENICE SPZ 112/3-30H7 → [11]**

Počet řemenů v převodu	$C_k$ [-]
1	1,00
2 až 3	0,95
4 až 6	0,90
7 a více	0,85

Tab. 5: Součinitel  $C_k$  přihlížející k počtu řemenů v převodu → [4]

### 3.3.9. Předpětí řemene



Obr. 3: Předepínací síla. → [4]

$$F_0 = k \cdot \frac{F}{2} \cdot \frac{e^{f_k \cdot \hat{\alpha}} + 1}{e^{f_k \cdot \hat{\alpha}} - 1} = 1 \cdot \frac{292 \text{ N}}{2} \cdot \frac{e^{0,0575 \cdot 3,0681} + 1}{e^{0,0575 \cdot 3,0681} - 1} = \underline{\underline{1659 \text{ N}}}$$

Bezpečnost  $k$  zvolena rovna 1, kvůli prokluzu při záseku pily.

Síla v řemeni v neutrální ose:

$$F = \frac{2 \cdot M_{k, \text{mot}}}{D_1} = \frac{2 \cdot 13\,140 \text{ Nmm}}{90 \text{ mm}} = \underline{\underline{292 \text{ N}}}$$

Součinitel tření v klínové drážce:

$$f_k = \frac{f}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{0,0575}{\sin(87,89^\circ)} = \underline{\underline{0,0575[-]}}$$

Součinitel vláknového tření:

$$f = f_0 \cdot 0,012 \cdot v_1 = 0,35 \cdot 0,012 \cdot 13,69 \, m \cdot s^{-1} = \underline{\underline{0,0575[-]}}$$

Součinitel suchého smykového tření  $f_0 = 0,35[-]$  pro pryžový řemen a ocelovou řemenici.

Předepínací síla:

$$\frac{F_0}{\sin(\gamma)} = \frac{F_V}{\sin(\alpha)} \Rightarrow F_V = F_{NS} = F_0 \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\gamma)} = 1659 \, N \cdot \frac{\sin(175,79^\circ)}{\sin(2,1^\circ)} = \underline{\underline{3323 \, N}}$$

$$\gamma = \frac{180 - \alpha}{2} = \frac{180^\circ - 175,79^\circ}{2} = \underline{\underline{2,1^\circ}}$$

Délka potřebná pro nasazení řemene:

$$A_{\min,SK} = A_{SK} - 0,015 \cdot L_P = 309,15 \, mm - 0,015 \cdot 900 \, mm = \underline{\underline{295 \, mm}}$$

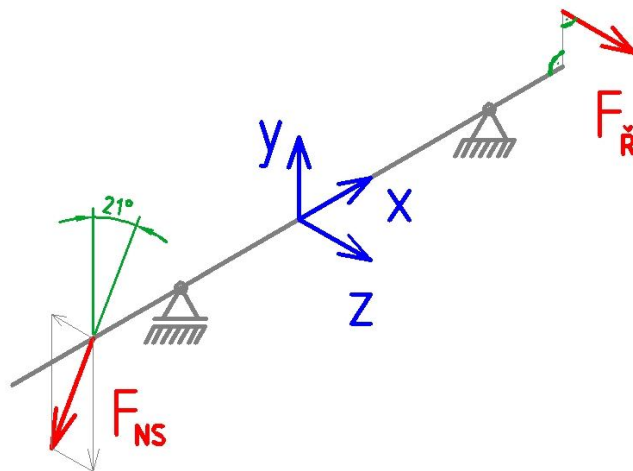
Délka potřebná pro další napínání řemene:

$$A_{\max,SK} = A_{SK} + 0,03 \cdot L_P = 309,15 \, mm + 0,03 \cdot 900 \, mm = \underline{\underline{336,15 \, mm}}$$

Napínání řemene bude zajištěno vahou motoru a pružinou.

### 3.4. Návrh hřídele

#### 3.4.1. Zatížení hřídele



Obr. 4: Zatížení hřídele

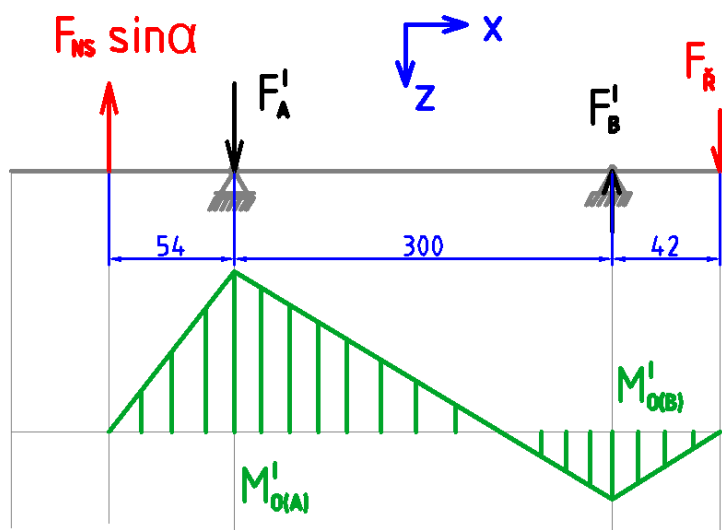
$$F_{NS} = \underline{\underline{3323 \text{ N}}}$$

$$F_R = \frac{2 \cdot M_{k,pily}}{D_p} = \frac{2 \cdot 92\,904 \text{ Nmm}}{500 \text{ mm}} = \underline{\underline{372 \text{ N}}}$$

Průměr řezného kotouče:  $D_p = 500 \text{ mm} \rightarrow [8]$

$$M_{k,pily} = F_0 \cdot \frac{D_2}{2} = 1659 \text{ N} \cdot \frac{112 \text{ mm}}{2} = \underline{\underline{92\,904 \text{ Nmm}}}$$

Úhel  $\alpha$  je z konstrukce  $21^\circ$ .



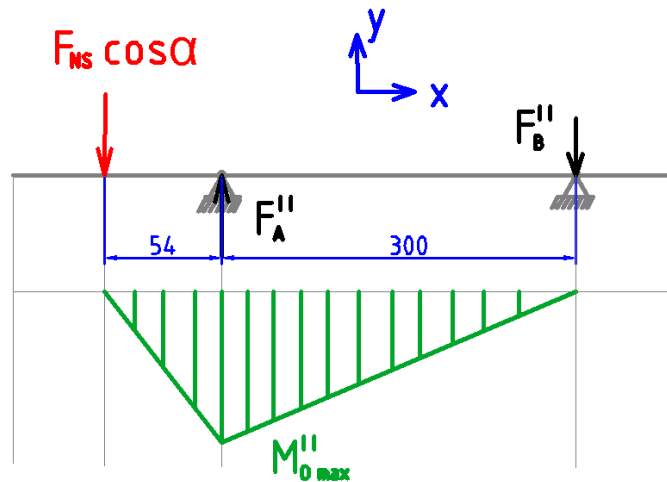
Obr. 5: Průběh VVÚ v rovině XZ

$$M_{o,A}^I = F_{NS} \cdot \sin(\alpha) \cdot 54 = 3323 \text{ N} \cdot \sin(21^\circ) \cdot 54 \text{ mm} = \underline{\underline{64\,306 \text{ Nmm}}}$$

$$M_{o,B}^I = F_R \cdot 42 = 372 \text{ N} \cdot 42 \text{ mm} = \underline{\underline{15\,624 \text{ Nmm}}}$$

↓

$$M_{o,\max}^I = M_{o,A}^I = \underline{\underline{64\,306 \text{ Nmm}}}$$



Obr. 6: Průběh VVÚ v rovině XY

$$M_{o,\max}^{II} = F_{NS} \cdot \cos(\alpha) \cdot 54 = 3323 \text{ N} \cdot \cos(21^\circ) \cdot 54 \text{ mm} = \underline{\underline{167\,524 \text{ Nmm}}}$$

Řešené místo → vazba A

$$\begin{aligned} M_{o,\max}^A &= \sqrt{(M_{o,\max}^I)^2 + (M_{o,\max}^{II})^2} = \\ &= \sqrt{(64\,306 \text{ Nmm})^2 + (167\,524 \text{ Nmm})^2} = \underline{\underline{179\,442 \text{ Nmm}}} \end{aligned}$$

$$M_{k,pily} = \underline{\underline{92\,904 \text{ Nmm}}}$$

Výpočet minimálního průměru hřídele z krutu:

$$R_e = \sigma_{D,t} = 300 \text{ MPa}$$

$$k = 2[-]$$

$$\tau_{D,k} = \frac{0,57 \cdot \sigma_{D,t}}{k} = \frac{0,57 \cdot 300 \text{ MPa}}{2} = \underline{\underline{85,5 \text{ MPa}}}$$

$$\tau_k = \frac{M_{k,pily}}{W_k} = \frac{16 \cdot M_{k,pily}}{\pi \cdot d^3} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{k,pily}}{\pi \cdot \tau_{D,k}}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{k,pily}}{\pi \cdot \tau_{D,k}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 92\,904 \text{ Nmm}}{\pi \cdot 85,5 \text{ MPa}}} = \underline{\underline{17,7 \text{ mm}}}$$

S ohledem na pozdější konstrukci zvolen průměr hřídele  $d = \underline{\underline{25 \text{ mm}}}$

Maximální normálové a tečné napětí v hřídeli:

$$\sigma_{o,\max} = \frac{M_{o,\max}^A}{W_o} = \frac{32 \cdot M_{o,\max}^A}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 179\,442\,Nmm}{\pi \cdot (25\,mm)^3} = \underline{\underline{117\,MPa}}$$

$$\tau_{k,\max} = \frac{M_{k,pily}}{W_k} = \frac{16 \cdot M_{k,pily}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 92\,904\,Nmm}{\pi \cdot (25\,mm)^3} = \underline{\underline{30,3\,MPa}}$$

### 3.4.2. Kontrola hřídele na únavu

Zvoleno SODEBERGOVO kritérium:

Parametry hřídele: materiál 11 500

$$R_m = \underline{\underline{500\,MPa}}$$

$$R_e = \underline{\underline{300\,MPa}}$$

$$\sigma_{co} = 0,504 \cdot R_m = 0,504 \cdot 500\,MPa = \underline{\underline{252\,MPa}}$$

Korigovaná mez únavy:

$$\begin{aligned}\sigma_c^* &= k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot \sigma_{co} = \\ &= 0,869 \cdot 0,879 \cdot 0,861 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 252\,MPa = \underline{\underline{165\,MPa}}\end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned}k_a &= a \cdot (R_m)^b = 4,51 \cdot (500\,MPa)^{-0,265} = \underline{\underline{0,869[-]}} \\ k_b &= 1,24 \cdot (d)^{-0,107} = 1,24 \cdot (25\,mm)^{-0,107} = \underline{\underline{0,879[-]}} \\ k_c &= \underline{\underline{0,861[-]}} \\ k_d &= \underline{\underline{1[-]}} \\ k_e &= \underline{\underline{1[-]}} \\ k_f &= \underline{\underline{1[-]}}\end{aligned} \right\} \rightarrow \text{[2 str. 345 ÷ 350]}$$

Výpočet bezpečnosti:

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_c^*} + \frac{\sigma_M}{R_e} = 1$$

$$\sigma_M = \left(1 - \frac{\sigma_A}{\sigma_c^*}\right) \cdot R_e = \left(1 - \frac{117\,MPa}{165\,MPa}\right) \cdot 300\,MPa = \underline{\underline{87,2\,MPa}}$$

$$\sigma_A = \sigma_{o,\max} = \underline{\underline{117\,MPa}}$$

$$k_k = \frac{\sigma_A + \sigma_M}{\sigma_{o,\max} + \tau_{k,\max}} = \frac{117\,MPa + 87,2\,MPa}{117\,MPa + 30,3\,MPa} = \underline{\underline{1,38[-]}} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 3.5. Délka hnaného pera

Výška pera v náboji:  $t_1 = 3,3 \text{ mm} \rightarrow [1 \text{ str. 467}]$

Dovolené napětí při otlacení:  $p_D = 56 \text{ MPa} \rightarrow (\text{Tab. 1})$

Průměr hřídele:  $d = 30 \text{ mm}$

Silové působení na bok pera v náboji:

$$F = \frac{M_{k, \text{pily}}}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{95\,032 \text{ Nmm}}{\frac{30 \text{ mm}}{2} + \frac{3,3 \text{ mm}}{2}} = \underline{\underline{5\,707,6 \text{ N}}}$$

Minimální délka těla pera:

$$l' = \frac{F}{p_D \cdot t_1} = \frac{5\,707,6 \text{ N}}{56 \text{ MPa} \cdot 3,3 \text{ mm}} = \underline{\underline{30,8 \text{ mm}}}$$

Šířka pera:  $B = 10 \text{ mm} \rightarrow [1 \text{ str. 467}]$

Minimální délka pera:

$$l = l' + B = 30,8 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = \underline{\underline{40,8 \text{ mm}}} \quad \text{Minimální normalizovaná délka pera podle} \\ \text{ČSN 02 2562: } l = 45 \text{ mm} \rightarrow [1 \text{ str. 467}]$$

### 3.6. Návrh ložisek

Zvoleno: LOŽISKOVÁ JEDNOTKA SYF 35 FM  $\rightarrow [10]$

Dynamická únosnost:  $C = 25,5 \text{ kN}$

Statická únosnost:  $C_0 = 15,3 \text{ kN}$

Max. otáčky hřídele:  $n = 2\,300 \text{ min}^{-1} < \text{max. dovolené ot. ložiska } n = 5\,300 \text{ min}^{-1}$

$$F_a = \underline{\underline{0 \text{ N}}}$$

$$F_r = \sqrt{(F_A^I)^2 + (F_A^{II})^2} = \sqrt{(1\,470 \text{ N})^2 + (3\,656 \text{ N})^2} = \underline{\underline{3\,940 \text{ N}}}$$

$$-F_{NS} \cdot \sin(\alpha) \cdot 354 - F_R \cdot 42 + F_A^I \cdot 300 = 0$$

$$F_A^I = \frac{F_{NS} \cdot \sin(\alpha) \cdot 354 + F_R \cdot 42}{300} = \\ = \frac{3\,323 \text{ N} \cdot \sin(21,2^\circ) \cdot 354 \text{ mm} + 372 \text{ N} \cdot 42 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = \underline{\underline{1\,470 \text{ N}}}$$

$$F_{NS} \cdot \cos(\alpha) \cdot 354 - F_A^{II} \cdot 300 = 0$$

$$F_A^{II} = \frac{F_{NS} \cdot \cos(\alpha) \cdot 354}{300} = \frac{3\,323 \text{ N} \cdot \cos(21,2^\circ) \cdot 354 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = \underline{\underline{3\,656 \text{ N}}}$$

$$P_r = F_r = \underline{\underline{3940 \text{ N}}}$$

$$L_{10h} = \left( \frac{C}{P_r} \right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left( \frac{25\,500 \text{ N}}{3940 \text{ N}} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 2300 \text{ min}^{-1}} = \underline{\underline{1964 \text{ hod.}}}$$

Kontrola naklopení:

$$F = F_{NS} = \underline{\underline{3323 \text{ N}}}$$

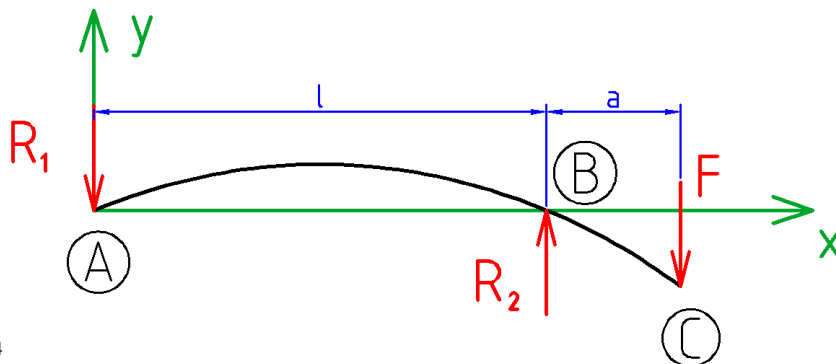
$$d = \underline{\underline{35 \text{ mm}}}$$

$$a = \underline{\underline{54 \text{ mm}}}$$

$$l = \underline{\underline{300 \text{ mm}}}$$

$$E = \underline{\underline{204\,000 \text{ MPa}}}$$

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot (35 \text{ mm})^4}{64} = \underline{\underline{73\,662 \text{ mm}^4}}$$



Obr. 7: Naklopení hřídele v místě ložiska

Rovnice průhybu:

$$y_{AB} = \frac{F \cdot a \cdot x}{6 \cdot E \cdot J \cdot l} \cdot (l^2 - x^2)$$

Rovnice naklopení:

$$\varphi = \frac{d y_{AB}}{d x} = \frac{F \cdot a}{6 \cdot E \cdot J \cdot l} \cdot (l^2 - x^2) + \frac{F \cdot a \cdot x}{6 \cdot E \cdot J \cdot l} \cdot (-2 \cdot x)$$

$$\begin{aligned} \varphi_B(x=l) &= 0 + \frac{F \cdot a \cdot (-2 \cdot l)}{6 \cdot E \cdot J} = -\frac{3323 \text{ N} \cdot 54 \text{ mm} \cdot 2 \cdot 300 \text{ mm}}{6 \cdot 204\,000 \text{ MPa} \cdot 73\,662 \text{ mm}^4} = \underline{\underline{-0,001'194'126 \text{ rad}}} \\ &= -0,068'418'' = \underline{\underline{-0^\circ 4' 6''}} \end{aligned}$$

Dovolené naklopení je až 2°.

⇒

**VYHOVUJE**

Velikost dovoleného naklopení zjištěna od výrobce.

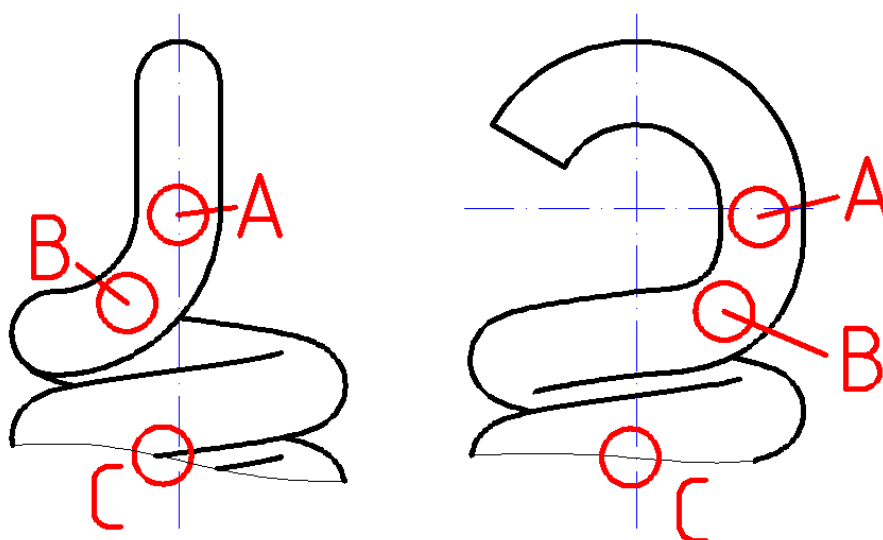
### 3.7. Návrh tažné pružiny

Zvolena pružina podle ČSN EN 10270-1 třídy SH

Materiál: Patentovaný tažený drát z nelegované oceli, tažený za studena

Další charakteristiky:	$d = 10 \text{ mm}$	průměr drátku
	$D = 30 \text{ mm}$	roztečný průměr
	$n_b = 5 [-]$	počet závitů
	$E = 206 \text{ GPa}; \quad G = 81,5 \text{ GPa}$	moduly pružnosti
	$r_1 = 15 \text{ mm}; \quad r_2 = 10 \text{ mm}$	poloměry zaoblení
	$F_{\max} = F_{NS} = 3\,102 \text{ N}$	maximální síla
	$F_0 = 200 \text{ N}$	síla předpětí
	$L = 100 \text{ mm}$	maximální natažení

Místa namáhání:



Mez pevnosti:

$$R_m = 2330 - 900 \cdot \log(d) = 2330 - 900 \cdot \log(10 \text{ mm}) = \underline{\underline{1430 \text{ MPa}}}$$

Poměr vinutí:

$$C = \frac{D}{d} = \frac{30 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} = \underline{\underline{3 [-]}}$$

Bergsträsseův součinitel:

$$K_B = \frac{4 \cdot C + 2}{4 \cdot C - 3} = \frac{4 \cdot 3 + 2}{4 \cdot 3 - 3} = \underline{\underline{1,556 [-]}}$$



Redukovaný počet činných závitů:

$$n'_a = n_b + \frac{G}{E} = 5 + \frac{81\,500\text{ MPa}}{206\,500\text{ MPa}} = \underline{\underline{5,396 [-]}}$$

Tuhost:

$$k = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot n'_a} = \frac{(10\text{ mm})^4 \cdot 81\,500\text{ MPa}}{8 \cdot (30\text{ mm})^3 \cdot 5,396} = \underline{\underline{699\text{ Nmm}^{-1}}}$$

Roztažení pružiny:

$$y = \frac{F_{\max} - F_0}{k} = \frac{3\,102\text{ N} - 200\text{ N}}{699\text{ Nmm}^{-1}} = \underline{\underline{4,15\text{ mm}}}$$

Délka pružiny ve volném stavu:

$$L_0 = L - y = 100\text{ mm} - 4,15\text{ mm} = \underline{\underline{95,85\text{ mm}}}$$

Místo „A“: *namáhání TAH-OHYB*

Mez kluzu:

$$R_{seA} = 0,75 \cdot R_m = 0,75 \cdot 1430\text{ MPa} = \underline{\underline{1072,5\text{ MPa}}}$$

Poměr  $C_1$ :

$$C_1 = \frac{2 \cdot r_1}{d} = \frac{2 \cdot 15\text{ mm}}{10\text{ mm}} = \underline{\underline{3 [-]}}$$

Součinitel zakřivení oka:

$$K_1 = \frac{4 \cdot C_1^2 - C_1 - 1}{4 \cdot C_1 \cdot (C_1 - 1)} = \frac{4 \cdot 3^2 - 3 - 1}{4 \cdot 3 \cdot (3 - 1)} = \underline{\underline{1,333 [-]}}$$

Napětí:

$$\begin{aligned} \sigma_A &= F_{\max} \cdot \left( K_1 \cdot \frac{16 \cdot D}{\pi \cdot d^3} + \frac{4}{\pi \cdot d^2} \right) = \\ &= 3102\text{ N} \cdot \left( 1,333 \cdot \frac{16 \cdot 30\text{ mm}}{\pi \cdot (10\text{ mm})^3} + \frac{4}{\pi \cdot (10\text{ mm})^2} \right) = \underline{\underline{671,4\text{ MPa}}} \end{aligned}$$

Bezpečnost:

$$k_{kA} = \frac{R_{seA}}{\sigma_A} = \frac{1072,5\text{ MPa}}{671,4\text{ MPa}} = \underline{\underline{1,597 [-]}} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

Místo „B“: namáhání KRUT

Mez kluzu:

$$R_{seB} = 0,4 \cdot R_m = 0,4 \cdot 1430 \text{ MPa} = \underline{\underline{572 \text{ MPa}}}$$

Poměr  $C_2$ :

$$C_2 = \frac{2 \cdot r_2}{d} = \frac{2 \cdot 10 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} = \underline{\underline{2 [-]}}$$

Součinitel zakřivení drátu:

$$K_2 = \frac{4 \cdot C_2 - 1}{4 \cdot C_2 - 4} = \frac{4 \cdot 2 - 1}{4 \cdot 2 - 4} = \underline{\underline{1,75 [-]}}$$

Napětí:

$$\tau_B = K_2 \cdot \frac{8 \cdot F_{\max} \cdot D}{\pi \cdot d^3} = 1,75 \cdot \frac{8 \cdot 3102 \text{ N} \cdot 30 \text{ mm}}{\pi \cdot (10 \text{ mm})^3} = \underline{\underline{414,7 \text{ MPa}}}$$

Bezpečnost:

$$k_{kB} = \frac{R_{seB}}{\tau_B} = \frac{572 \text{ MPa}}{414,7 \text{ MPa}} = \underline{\underline{1,379 [-]}} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

Místo „C“: namáhání KRUT

Mez kluzu:

$$R_{seC} = 0,45 \cdot R_m = 0,45 \cdot 1430 \text{ MPa} = \underline{\underline{643,5 \text{ MPa}}}$$

Napětí:

$$\tau_C = K_B \cdot \frac{8 \cdot F_{\max} \cdot D}{\pi \cdot d^3} = 1,556 \cdot \frac{8 \cdot 3102 \text{ N} \cdot 30 \text{ mm}}{\pi \cdot (10 \text{ mm})^3} = \underline{\underline{368,7 \text{ MPa}}}$$

Bezpečnost:

$$k_{kC} = \frac{R_{seC}}{\tau_C} = \frac{643,5 \text{ MPa}}{368,7 \text{ MPa}} = \underline{\underline{1,746 [-]}} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

#### **4. ZÁVĚR**

Cílem práce bylo konstrukčně navrhnout, výkresově zdokumentovat a výpočtama podložit konstrukci okružní pily. Tato pila slouží pro domácí použití a vybraná varianta odráží potřeby domácího užití.

Konstrukce pily je řešena jako profilovaná kostra s patkami a kolečky. Umožňuje uchycení stolu, manipulačních držáků, krytu kotouče a přídatného stojanu. Prázdný prostor uvnitř kostry byl využit pro usazení hnacího motoru, který svou vahou s pomocí tažné pružiny napínají řemenový převod. Kroutící moment je přenášen třemi řemeny, posazenými na jedné straně kostry, na hřídel, která je uchycena ložiskovými jednotkami ke kostře. Na druhé straně hřídele je vně kostry usazen řezný kotouč a pojištěn maticí. Řemenový převod je zakrytován plechem, upevněným ke stolu.

Pila umožňuje podélné řezání na stole s prořezem 180 mm. Po odklopení stolu a přišroubování krytu kotouče je možnost řezat kulatiny na odklopném stojanu s vratným pohybem kulatiny do Ø 240 mm.

Trvanlivost ložisek je dostatečná, takže při průměrném domácím používání pila vydrží až osm let.

Celá pila je konstruována jako svařenec kostry z oceli s přišroubovatelnými náležitostmi jako stojan, stůl, držák motoru, manipulační držáky a kolečka.

Celková výrobní cena navržené koncepce konstrukce pily je ovlivněna, mimo materiálových nákladů, především náklady na plošné tváření a materiálové spojování (svařování) včetně režie výrobního pracoviště. Zmíněné náklady nezahrnují obchodně získané součásti nutné pro kompletizaci pily, které se pohybují řádově v částkách do tisíce korun. Z pohledu současné nabídky výrobců pil tak lze jednoznačně navrženou konstrukci označit jako ekonomicky výhodnou a při porovnání pracovních parametrů za jednoznačně konkurenceschopnou. Aplikace konstrukčního návrhu v technické praxi je proto jen otázka volby výrobního subjektu.

## 5. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

A	Osová vzdálenost.....	[mm]
B	Šířka pera.....	[mm]
$C_\alpha$	Součinitel úhlu opásání.....	[-]
$C_L$	Součinitel vlivu délky řemene.....	[-]
$C_P$	Součinitel dynamičnosti a pracovního řemenu.....	[-]
$C_K$	Součinitel počtu řemenů.....	[-]
C	Dynamická únosnost ložiska.....	[N]
$C_0$	Statická únosnost ložiska.....	[N]
C	Poměr vinutí pružiny.....	[-]
$C_1$	Poměr u pružiny.....	[-]
$C_2$	Poměr u pružiny.....	[-]
d	Průměr hřídele.....	[mm]
d	Průměr drátu pružiny.....	[mm]
D	Roztečný průměr pružiny.....	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu.....	[MPa]
$F_{NS}$	Předepínací síla.....	[N]
$F_0$	Síla předpětí pružiny.....	[N]
f	Součinitel tření.....	[-]
G	Modul pružnosti ve smyku.....	[MPa]
i	Převodový poměr.....	[-]
$\Delta i$	Odchylka od převodového poměru.....	[%]
J	Kvadratický moment průřezu.....	[mm <sup>4</sup> ]
K	Počet řemenů.....	[-]
$K_B$	Bergsträsseův součinitel.....	[-]
$K_1$	Součinitel zakřivení oka.....	[-]
$K_2$	Součinitel zakřivení drátu.....	[-]
k	Tuhost pružiny.....	[N·mm <sup>-1</sup> ]
$k_k$	Součinitel bezpečnosti.....	[-]
$k_{a...f}$	Součinitelé pro korigovanou mezúnavy.....	[-]
L	Délka řemene.....	[mm]
l	Délka pera.....	[mm]
$L_{10h}$	Hodinová únosnost ložiska při 10 <sup>6</sup> otáček.....	[hod.]

$L_0$	Délka pružiny ve volném stavu.....	[mm]
$M_k$	Kroutící moment.....	[N·mm]
$M_o$	Ohybový moment.....	[N·mm]
$N_p$	Výkon přenášený jedním řemenem.....	[kW]
$N_o$	Jmenovitý výkon převodu s jedním řemenem.....	[kW]
$n$	Otáčky.....	[min <sup>-1</sup> ]
$n_b$	Počet závitů pružiny.....	[-]
$n'_a$	Redukovaný počet činných závitů pružiny.....	[-]
$P_r$	Radiální dynamické ekvivalentní zatížení.....	[N]
$P$	Výkon.....	[W]
$p_D$	Dovolené napětí při otlacení.....	[MPa]
$R_m$	Mez pevnosti v tahu.....	[MPa]
$R_e$	Mez kluzu v tahu.....	[MPa]
$R_{se}$	Výpočtová mez kluzu.....	[MPa]
$s$	Skluz řemene.....	[-]
$t_l$	Výška pera v náboji.....	[mm]
$v$	Obvodová rychlost.....	[m·s <sup>-1</sup> ]
$W_k$	Modul průřezu v krutu.....	[mm <sup>3</sup> ]
$W_o$	Modul průřezu v ohybu.....	[mm <sup>3</sup> ]
$y$	Průhyb hřídele.....	[mm]
$y$	Délka roztažení pružiny.....	[mm]
$\alpha$	Úhel zatížení od předepínací síly.....	[°]
$\alpha$	Úhel opásání hnací řemenice.....	[°]
$\gamma$	Doplňkový úhel.....	[°]
$\delta$	Úhel opásání hnané řemenice.....	[°]
$\sigma_o$	Napětí v ohybu.....	[MPa]
$\sigma_{D,t}$	Dovolené napětí v tahu.....	[MPa]
$\sigma_{co}$	Mez únavy vzorku.....	[MPa]
$\sigma_c^*$	Korigovaná mez únavy.....	[MPa]
$\sigma_A$	Max. velikost amplitudy napětí při daném středním napětí.....	[MPa]
$\sigma_A$	Normálové napětí v místě A pružiny.....	[MPa]
$\sigma_M$	Max. velikost středního napětí při dané amplitudě napětí.....	[MPa]

$\tau_k$	Napětí v krutu.....	[MPa]
$\tau_B$	Tečné napětí v místě B pružiny.....	[MPa]
$\tau_C$	Tečné napětí v místě C pružiny.....	[MPa]
$\tau_{D,k}$	Dovolené napětí v krutu.....	[MPa]
$\varphi$	Naklopení hřídele.....	[rad]
$\omega$	Úhlová rychlost.....	[rad·s <sup>-1</sup> ]

## **6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY, ZDROJE**

- [1] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Třetí doplněné vydání. Úvaly, Albra, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7
- [2] SHIGLEY, J. E., a kol.: *Konstruování strojních součástí*. Brno, Vutium, 2010. 1186 s. ISBN 978-80-214-2629-0
- [3] Skripta Střední školy průmyslové, hotelové a zdravotní v Uherském Hradišti. *Stavba a provoz strojů I*, pro studijní obor 23-41-M/001, ročník druhý. Vypracovala: Ing. Alena Burdová.
- [4] KALÁB K.: *Návrh a výpočet řemenového převodu*. Vysokoškolská příručka VŠB. Ostrava, 2010. 20 s. Dostupné na Internetu: <[www.347.vsb.cz/files/kal01/prirucka-remen.pdf](http://www.347.vsb.cz/files/kal01/prirucka-remen.pdf)> [cit. 2012-02-12]
- [5] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., a kol.: *Základy konstruování*. Brno, Cerm, 2009. 234 s. ISBN 978-80-7204-633-1
- [6] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., a kol.: *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Brno, Cerm, 2009. 223 s. ISBN 978-80-7204-636-2.
- [7] Motor SIEMENS 1LA7. Dostupné na Internetu: <[http://www.prumyslovydum.cz/SIEMENS/Motor-4kW-2905ot-min-patkovy-1LA7-K20\\_g383.html](http://www.prumyslovydum.cz/SIEMENS/Motor-4kW-2905ot-min-patkovy-1LA7-K20_g383.html)> [cit. 2012-02-12]
- [8] Pilový kotouč  $\Phi 500 \times 2,2 \times 30$ -5310-56KV25. Dostupné na Internetu: <<http://www.azvercajk.cz/14304-pilovy-kotouc-na-drevo-5310-56kv25-/31559-pilovy-kotouc-na-drevo-500x2-2x30-5310-56kv25-/>> [cit. 2012-02-12]
- [9] Kolečko PL  $\Phi 100 \times 30 \times 12$ . Dostupné na Internetu: <<http://www.montako.cz/kategorie/serie-plppl--levna-pryzova-kola-s-plechovym-diskem.aspx>> [cit. 2012-02-12]
- [10] Ložisková jednotka SYF 35 FM. Dostupné na Internetu: <<http://www.skf.com/skf/productcatalogue/Forwarder?action=PPP&lang=cs&imperial=false&windowName=null&perfid=211504&prodid=211504035>> [cit. 2012-02-12]
- [11] Řemenice SPZ 90/3-28H7 a SPZ 112/3-30H7. Dostupné na Internetu: <<http://www.loziska.com/store/spz,spa.pdf>> [cit. 2012-02-12]